

METHOD AND SYSTEM FOR VIRTUAL REALITY AND STORAGE MEDIUM

Publication number: JP10334275 (A)

Also published as:

Publication date: 1998-12-18

US6400364 (B1)

Inventor(s): AKISADA HIROKAZU; TAMAI SHUNICHI +

Applicant(s): CANON KK +

Classification:

- International: G03B35/08; G06T15/20; G06T17/40; H04N13/04; G03B35/00;
G06T15/10; G06T17/40; H04N13/04; (IPC1-7): G06T17/00;
G03B35/08; G06T15/00; H04N13/04

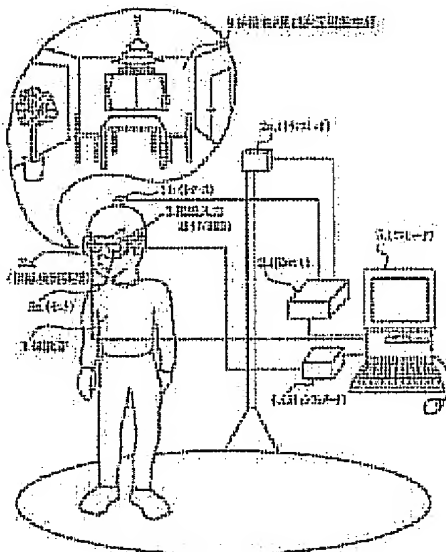
- European: G06T15/20

Application number: JP19970154306 19970529

Priority number(s): JP19970154306 19970529

Abstract of JP 10334275 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize virtual reality(VR) simulation with high aesthetic effect and high entertainment performance by moving dynamically a screen set to a virtual space based on sight position data of an experiencing person.
SOLUTION: A computer 5 uses 3-dimension position data and direction data in a real space of an experiencing person 1 collected from a 3D sensor 2 to decide a position and a direction of a sight in a virtual space. Then the computer 5 uses the sight position data of the experiencing person 1 collected from a sight detector 3b of a sight input scooter 3 to set a position of a screen in the virtual space and maps a model entered in advance to the screen so as to calculate a video image 6 denoting a scene in a 3-dimension virtual space. The video image 6 is sent to a monitor 3a in the sight input scooter 3 via a scan converter 4 and the experiencing person 1 views the video image 6 just before the eyes to have experience of the virtual world with high aesthetic effect and high entertainment performance.

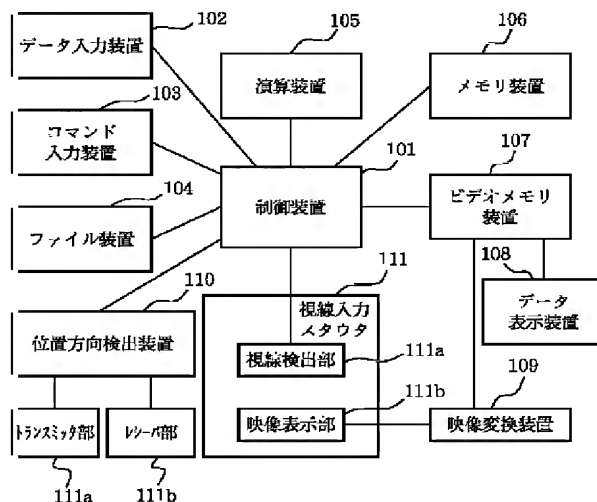


Data supplied from the *espacenet* database — Worldwide

(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成10年(1998)12月18日

360



【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体の3次元形状データを構築するモデリング工程と、仮想現実状態を体験する体験者の視線位置を検出する視線位置検出工程と、3次元仮想空間に視点を設定する視点設定工程と、前記視線位置検出工程により検出した視線位置データに基づいて仮想空間にスクリーンを設定するスクリーン設定工程と、前記視点設定工程により設定された視点から前記物体のモデルデータを空間的・幾何学的配置を考慮して見たときの情景を前記スクリーン上に写像するスクリーン写像工程と、前記スクリーン写像工程によりスクリーン上に写像された情景をデバイス座標系に写像する画像生成工程と、前記画像生成工程により生成した画像を映像信号に変換する映像変換工程と、前記映像変換工程により変換後の映像を表示する映像表示工程とを有することを特徴とする仮想現実方法。

【請求項2】 前記映像表示工程は、前記体験者の目の直前に置かれ且つ前記体験者の頭部に対して固定の状態で設定された表示器に映像を表示することを特徴とする請求項1記載の仮想現実方法。

【請求項3】 前記スクリーンが任意の形状であり、また、前記体験者の指示により前記スクリーンの形状が切り換えられることを特徴とする請求項1記載の仮想現実方法。

【請求項4】 物体の3次元形状データを構築するモデリング手段と、仮想現実状態を体験する体験者の視線位置を検出する視線位置検出手段と、3次元仮想空間に視点を設定する視点設定手段と、前記視線位置検出手段により検出した視線位置データに基づいて仮想空間にスクリーンを設定するスクリーン設定手段と、前記視点設定手段により設定された視点から前記物体のモデルデータを空間的・幾何学的配置を考慮して見たときの情景を前記スクリーン上に写像するスクリーン写像手段と、前記スクリーン写像手段によりスクリーン上に写像された情景をデバイス座標系に写像する画像生成手段と、前記画像生成手段により生成した画像を映像信号に変換する映像変換手段と、前記映像変換手段により変換後の映像を表示する映像表示手段とを有することを特徴とする仮想現実装置。

【請求項5】 前記映像表示手段は、前記体験者の目の直前に置かれ且つ前記体験者の頭部に対して固定の状態で設定された表示器に映像を表示することを特徴とする請求項4記載の仮想現実装置。

【請求項6】 前記スクリーンが任意の形状であり、また、前記体験者の指示により前記スクリーンの形状を切り換えるスクリーン形状切換手段を有することを特徴とする請求項4記載の仮想現実装置。

【請求項7】 物体の3次元形状データを構築するモデリング工程と、仮想現実状態を体験する体験者の視線位置を検出する視線位置検出工程と、3次元仮想空間に視

点を設定する視点設定工程と、前記視線位置検出工程により検出した視線位置データに基づいて仮想空間にスクリーンを設定するスクリーン設定工程と、前記視線位置検出工程により検出した視線位置データに基づいてモデルデータを変更するモデルデータ変更工程と、前記視点設定工程により設定された視点から前記物体のモデルデータを空間的・幾何学的配置を考慮して見たときの情景を前記スクリーン上に写像するスクリーン写像工程と、前記スクリーン写像工程によりスクリーン上に写像された情景をデバイス座標系に写像する画像生成工程と、前記画像生成工程により生成した画像を映像信号に変換する映像変換工程と、前記映像変換工程により変換後の映像を表示する映像表示工程とを有することを特徴とする仮想現実方法。

【請求項8】 前記映像表示工程は、前記体験者の目の直前に置かれ且つ前記体験者の頭部に対して固定の状態で設定された表示器に映像を表示することを特徴とする請求項7記載の仮想現実方法。

【請求項9】 前記スクリーンが任意の形状であり、また、前記体験者の指示により前記スクリーンの形状が切り換えられることを特徴とする請求項7記載の仮想現実方法。

【請求項10】 前記モデルデータ変更工程を実行するモデルデータ変更手段は複数存在し、また、これらモデルデータ変更手段は複数同時選択が可能であり、更に前記体験者の指示により選択内容を変更できることを特徴とする請求項7記載の仮想現実方法。

【請求項11】 物体の3次元形状データを構築するモデリング手段と、仮想現実状態を体験する体験者の視線位置を検出する視線位置検出手段と、3次元仮想空間に視点を設定する視点設定手段と、前記視線位置検出手段により検出した視線位置データに基づいて仮想空間にスクリーンを設定するスクリーン設定手段と、前記視線位置検出手段により検出した視線位置データに基づいてモデルデータを変更するモデルデータ変更手段と、前記視点設定手段により設定された視点から前記物体のモデルデータを空間的・幾何学的配置を考慮して見たときの情景を前記スクリーン上に写像するスクリーン写像手段と、前記スクリーン写像手段によりスクリーン上に写像された情景をデバイス座標系に写像する画像生成手段と、前記画像生成手段により生成した画像を映像信号に変換する映像変換手段と、前記映像変換手段により変換後の映像を表示する映像表示手段とを有することを特徴とする仮想現実装置。

【請求項12】 前記映像表示手段は、前記体験者の目の直前に置かれ且つ前記体験者の頭部に対して固定の状態で設定された表示器に映像を表示することを特徴とする請求項11記載の仮想現実装置。

【請求項13】 前記スクリーンが任意の形状であり、また、前記体験者の指示により前記スクリーンの形状を

切り換えるスクリーン形状切換手段を有することを特徴とする請求項11記載の仮想現実装置。

【請求項14】 前記モデルデータ変更手段は複数存在し、また、これらモデルデータ変更手段を複数同時選択する選択手段を有し、更に前記体験者の指示により選択内容を変更できることを特徴とする請求項11記載の仮想現実装置。

【請求項15】 仮想現実状態を実現する仮想現実装置を制御するプログラムを格納する記憶媒体であって、物体の3次元形状データを構築するモデリングモジュールと、仮想現実状態を体験する体験者の視線位置を検出する視線位置検出モジュールと、3次元仮想空間に視点を設定する視点設定モジュールと、前記視線位置検出モジュールにより検出した視線位置データに基づいて仮想空間にスクリーンを設定するスクリーン設定モジュールと、前記視点設定モジュールにより設定された視点から前記物体のモデルデータを空間的・幾何学的配置を考慮して見たときの情景を前記スクリーン上に写像するスクリーン写像モジュールと、前記スクリーン写像モジュールによりスクリーン上に写像された情景をデバイス座標系に写像する画像生成モジュールと、前記画像生成モジュールにより生成した画像を映像信号に変換する映像変換モジュールと、前記映像変換モジュールにより変換後の映像を表示する映像表示モジュールを有するプログラムを格納したことを特徴とする記憶媒体。

【請求項16】 前記映像表示モジュールは、前記体験者の目の直前に置かれ且つ前記体験者の頭部に対して固定の状態で設定された表示器に映像を表示することを特徴とする請求項15記載の記憶媒体。

【請求項17】 仮想現実状態を実現する仮想現実装置を制御するプログラムを格納する記憶媒体であって、物体の3次元形状データを構築するモデリングモジュールと、仮想現実状態を体験する体験者の視線位置を検出する視線位置検出モジュールと、3次元仮想空間に視点を設定する視点設定モジュールと、前記視線位置検出モジュールにより検出した視線位置データに基づいて仮想空間にスクリーンを設定するスクリーン設定モジュールと、前記視線位置検出モジュールにより検出した視線位置データに基づいてモデルデータを変更するモデルデータ変更モジュールと、前記視点設定モジュールにより設定された視点から前記物体のモデルデータを空間的・幾何学的配置を考慮して見たときの情景を前記スクリーン上に写像するスクリーン写像モジュールと、前記スクリーン写像モジュールによりスクリーン上に写像された情景をデバイス座標系に写像する画像生成モジュールと、前記画像生成モジュールにより生成した画像を映像信号に変換する映像変換モジュールと、前記映像変換モジュールにより変換後の映像を表示する映像表示モジュールとを有するプログラムを格納したことを特徴とする記憶媒体。

【請求項18】 前記映像表示モジュールは、前記体験者の目の直前に置かれ且つ前記体験者の頭部に対して固定の状態で設定された表示器に映像を表示することを特徴とする請求項17記載の記憶媒体。

【請求項19】 前記モデルデータ変更モジュールを実行するモデルデータ変更手段は複数存在し、また、これらモデルデータ変更手段は複数同時選択が可能であり、更に前記体験者の指示により選択内容を変更できることを特徴とする請求項17記載の記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、視線検出手段により仮想世界シュミレーションを実現する仮想現実方法及び装置並びにこれら仮想現実方法及び装置に使用する記憶媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、バーチャルリアリティ（仮想現実：電子計算機によって作り出された情報を人間の感覚器官に提示することによって、実在しない世界や遠隔にある空間での行動を可能にして疑似体験を行う技術）による仮想世界のシュミレーションを実現するには、次のような方法がとられる場合があった。

【0003】例えば、仮想現実状態を体験する体験者の頭部に取り付けた3次元位置方向検出装置（例えば、SPACE社のFASTRAKは磁気変換技術により実空間での3次元位置とオイラー角を計測する）からのデータを基に、予め入力したモデル（物体の3次元形状データ）の空間的・幾何学的位置を考慮した映像をコンピュータに計算させ、この映像を体験者が被ったHMD（ヘッドマウントディスプレイ、例えばiglasses「Virtualio社」）に表示することで、体験者は仮想世界の疑似体験（仮想世界シュミレーション）を行うことができる。

【0004】このようなバーチャルリアリティを実現するシステムにおいて体験者が見る映像は、一般的に、次に説明する3次元コンピュータグラフィックス（CG）によって形成される。

【0005】3次元物体を表現した画像を形成する3次元CGにおいては、通常画像を得るためには、大きく分けて「モデリング」と「レンダリング」という2つの作業が必要となる。

【0006】◇「モデリング」モデリングは、画像の中で表現したい対象物の形、色、表面の性質等のデータをコンピュータの中に作成する作業である。例えば、人間の画像を作るのであれば、その表面の形がどうなっているのか、顔のどの部分がどのような色をしているのか、光の反射率はどうか、といったデータを作成し、後のレンダリングで使えるような形式でコンピュータ内に格納する。この様なデータの集まりを物体のモデルという。

【0007】例えば、図17に示すような立方体の形状

モデリングを行う場合、まず、図17のように立方体のある1つの頂点を原点としたモデリング座標系を考える。そして、この座標系における立方体の8個の頂点の座標データ及び面ループデータを、例えば図18(a), (b)に示すように決定する。この様にして得られた1組の座標データと面ループデータが対象物のモデリングデータ(またはモデルデータ)となる。

【0008】◇「レンダリング」レンダリングは、モデルが出来上がった後で、その物体をある位置から見たときにどの様に見えるかを考え、その見え方に従った画像を作成する作業である。従って、レンダリングを行うには、モデルの他に、見る位置(視点)や照明に関する条件を考える必要がある。レンダリング作業を細分化すると、「投影変換」、「隠面消去」、「シェーディング」及び「リアルさを出すための工夫」の4つの作業となる。

【0009】まず、「投影変換」は、モデルを表わしている種々の座標値に対して、視点の位置から見たときに、画面上のどの位置に見えるかを計算して、画面上の座標に変換することである。図19は、投影変換のための4つの座標系を示した図である。まず、モデリング座標系において定義された物体の形状データは、ワールド座標系(物体の形を表わすときにモデル内の座標に用いる座標系)におけるデータに変換される。そして、対象となる物体を見ることができるよう、選定したカメラをいろいろな方向に向けることで、ビューイング変換(視野変換)を行う。この際、ワールド座標系で表わされた物体のデータが視点座標系のデータに変換されることになる。また、この変換のためにワールド座標系の中にスクリーン(視野窓)を指定し、このスクリーンが物体の最終的な投影面となる。そして、このスクリーンを定義するための座標系がUVN座標系(スクリーン座標系)と呼ばれる。但し、視点前方の全ての物を描くと、不必要な計算時間をとる場合があるので、作画領域を決めることも必要である(この作画領域はビューイングボリューム「視野空間」と呼ばれ、また、この作業はクリッピングと呼ばれる。また、ビューイングボリュームの境界の中でカメラから最も近い面をリニアクリッピング面、最も遠い面をファークリッピング面という)。そして、このスクリーンをいろいろな方向に動かすことで視野変換を行う。そして、視野変換が決定した後、空間に存在する物体の3次元形状の各点に対して、視点と投影面の交点を求める操作を行うことで、図20に示すようにスクリーン上に投影図を得る(但し、この場合は視点と投影面との間の距離が有限である透視投影を示している)。従って、投影変換が行われると前述の視点座標系で表わされたデータは、UVN座標系におけるデータに変換されることになる。

【0010】次に、「隠面消去」によって、モデルの中で現在の視点の位置から考えて、どの部分が見えて、ど

の部分が見えないかを判断する。隠面消去の代表的な手法としては、Zバッファ法やスキャンライン法といったアルゴリズムが挙げられる。そして、隠面消去が済んで、物体のどの部分が見えるかが確定したら、次に照明を考えて各部分がどのような色で、どのような明るさに見えるかを判断し、その色を画面、即ち、ピクセルに塗る「シェーディング」の処理を行う。

【0011】そして、通常レンダリングの最後に実行されるのが、「リアルさを出すための工夫」である。これは、「投影変換」、「隠面消去」、「シェーディング」を行って画像を形成しても、得られる絵は実在の物体とはほど遠い面白みのないものになってしまうためである。その理由としては、このような手法が、物体の表面は理想的な平面或いは数式で表わせる完全に滑らかな曲面であったり、表面の色が面ごとに一定であるといった仮定に基づいているためである。こうした状況を避け、得られる画像をより現実に近いものとするために行われる代表的手法の1つにテクスチャマッピングがある。このテクスチャマッピングは、予め用意した2次元パターンを3次元空間内の物体モデルの表面に貼り付ける(数学的にいえば、写像する)手法で、単調な表面で構成された物体を複雑な表面を持つ物体に疑似的に見せかけることを目的としている。これにより、例えば単純な直方体のモデルを金属や石材のように見せることが可能となる。

【0012】上述した「投影変換」、「隠面消去」、「シェーディング」及び「リアルさを出すための工夫」が終了し、UVN座標系によって示された図形は、最終的なデバイス座標系に変換されて表示装置に表示されると、1回のレンダリング処理が完了する。図21に、図20のスクリーンに投影された物体がデバイス座標系に変換されて表示装置に表示された画像を示す(但し、物体の背景は塗りつぶされている)。ここで、デバイス座標系とは、画像の中でピクセルやドットの位置を表わすときに用いる座標系のこと、表示画像における座標系と同一であるものとする(図21におけるaとbは、表示画像の横と縦の画素数を示す)。

【0013】◇「CGアニメーションの作成方法」上述したような方法により得られる絵(CG画像)に動きを付けてコンピュータグラフィックス(CG)アニメーションを作成する場合、大別して2つの方法がある。

【0014】まず、第1の手法としては、3次元空間に置き、照明条件、視点条件(視点の位置・方向・画角)及び物体のモデルの形状や色等を少しずつ変化させ、その都度レンダリングを行うことで、一連のアニメーション用の画像群を得た後(または、1つの画像をレンダリングするごとに)、それらをビデオレコーダ等の録画装置を用いて1コマ1コマ録画(コマ録画)し、全ての録画が終わった後で再生装置で再生する方法である。この方法においては、画像のレンダリングの際にかかる時間

は許容される範囲で長くしてよいので（１つの画像のレンダリングに要する時間と作成するアニメーションの全体の時間に依存する）、画面上に複雑な形状の物体を多数配置したり、レイトレーシング（光線追跡法）に代表されるような長い計算時間を必要とするレンダリング手法を用いて高品質な画像を作成することも可能である。例えば、現在のテレビコマーシャルやＳＦ映画等で用いられているＣＧ映像は、ほとんどこの方法によって作成されたものである。

【００１５】次に、第２の手法としては、前述の照明条件、視点条件及び物体モデルの形状や色を変更しながらのレンダリング及びそのレンダリング処理によって得られた画像の表示という２つの処理を高速に繰り返すことで、ＣＧアニメーションを実行する手法である。この手法は、一般的にリアルタイムＣＧレンダリングと呼ばれるもので、ユーザからの指示を直接レンダリングに反映させることで、ＣＧアニメーションの動きをリアルタイムにコントロールするインタラクティブ（対話的）処理が可能なのが最大の特徴である。その反面、実現に関しては実行するコンピュータのパフォーマンスにかなり依存し、画面上に表示できる物体のデータ量に制限があったり、レンダリング手法として単純で高速なものに限定されてしまうといった制約があるため、前者と比較して形成される画像は一般的に低品質なものとなる。なお、この手法は、各種バーチャルリアリティーシステムをはじめ、科学技術シミュレーション、航空機操縦練習用のフライトシミュレータやゲームセンター用のレーシングゲーム・ファイティングゲーム等に用いられているものである。

【００１６】次に、視線検出装置について説明する。

【００１７】先に本出願人は、パソコン（パーソナルコンピュータ）／テレビのディスプレイ画面、ビデオカメラ／スチルカメラのファインダー画面等を使用者が観察する際、画面のどこを見ているかを検出する、いわゆる視線入力装置を提案している。その原理を以下に説明する。

【００１８】図２２は、視線検出方法の原理を示す平面図、図２３は、視線検出方法の原理を示す側面図である。両図において、９０６ａ、９０６ｂは観察者に対して不感の赤外光を放射する発光ダイオード（ＩＲＥＤ）等の光源で、各光源９０６ａ、９０６ｂは、結像レンズ９１１の光軸に対してｘ方向（水平方向）に略対称に、また、ｙ方向（垂直方向）にはやや下側に（図２３参照）配置され、観察者の眼球９０８を発散照明している。観察者の眼球９０８で反射した照明光の一部は、結

$$\theta x = \arcsin \left[\left\{ x_c \left\{ (x_d + x_e) / 2 + \delta x \right\} \right\} / o_c \right] \cdots (3)$$

となる。

【００２５】更に、イメージセンサー９１２上に投影さ

$$\theta x = \arcsin \left[\left\{ x_c' \left\{ (x_d' + x_e') / 2 + \delta x' \right\} \right\} / o_c / \beta \right] \cdots (4)$$

となる。ここで、 β は結像レンズ９１１に対する眼球９

像レンズ９１１によってイメージセンサー９１２に結像する。

【００１９】図２４は、イメージセンサー９１２に投影される眼球像の概略図、図２５は、イメージセンサー９１２の出力強度図である。

【００２０】以下、図２２～図２５を用いて視線の検出方法について説明する。

【００２１】まず、水平面で考えると、図２２において一方の光源９０６ｂより放射されたは、観察者の眼球９０８の角膜９１０（図２２及び図２３参照）を照明する。このとき角膜９１０の表面で反射した赤外光により形成される角膜反射像（虚像） d （図２２及び図２４参照）は、結像レンズ９１１によって集光され、イメージセンサー９１２上の位置 d' （図２２参照）に結像する。同様に、他方の光源９０６ａより放射されたは、観察者の眼球９０８の角膜９１０（図２２及び図２３参照）を照明する。このとき角膜９１０の表面で反射した赤外光により形成される角膜反射像（虚像） e （図２２及び図２４参照）は、結像レンズ９１１によって集光され、イメージセンサー９１２上の位置 e' （図２２参照）に結像する。また、虹彩９０４の端部 a 、 b （図２２～図２４参照）からの光束は、結像レンズ９１１を介してイメージセンサー９１２上の位置 a' 、 b' （図２２及び図２４参照）に該端部 a 、 b の像を結像する。結像レンズ９１１の光軸に対する眼球９０８の光軸の回転角 θ が小さい場合、虹彩９０４の端部 a 、 b の x 座標を x_a 、 x_b とすると、 x_a 、 x_b はイメージセンサー９１２上で多数点求めることができる（図２４中、 \times 印）。そこで、まず、円の最小自乗法にて瞳孔中心 x_c を算出する。一方、角膜９１０の曲率中心 o の x 座標を x_o とすると、眼球９０８の光軸に対する回転角 θx は、

$$o_c \times \sin \theta x = x_c - x_o \cdots (1)$$

となる。

【００２２】また、角膜反射像 d と e の midpoint k に所定の補正值 δx を考慮して求めると、

$$\begin{aligned} x_k &= (x_d + x_e) / 2 \\ x_o &= (x_d + x_e) / 2 + \delta x \cdots (2) \end{aligned}$$

となる。

【００２３】ここで、 δx は装置の設置方法／眼球距離等から幾何学的に求められる数値であり、その算出方法は省略する。

【００２４】よって、上記（１）式を（２）式に代入して θx を求めると、

れた各々の特徴点の座標を、 $'$ （ダッシュ）を付けて下記（４）式に書き換えると、

０８の距離 s_{ze} により決まる倍率で、実際は角膜反射

像d, eの間隔 $|x_{d'} - x_{e'}|$ の関数として求められる。

【0026】垂直面で考えると、図23に示すような構成となる。ここで、2個の光源906a, 906bにより生じる角膜反射像d, eは同位置に発生し、これをiとする。眼球908の垂直方向の回転角 θ_y の算出方法は上述した水平面の場合とほぼ同一であるが、(2)式

$$\theta_y = \arcsin [[yc' - (yi' + \delta y')]] / oc / \beta] \cdots (6)$$

となる。

【0028】更に、ファインダー等の画面上の位置座標

$$x_n = ma \times \arcsin [[xc' - \{ (xd' + xe') / 2 + \delta x' \}] / oc / \beta] \cdots$$

(7)

$$y_n = ma \times \arcsin [[yc' - (yi' + \delta y')]] / oc / \beta] \cdots (8)$$

となる。

【0029】図24及び図25で明らかなように、瞳孔エッジの検出は、イメージセンサー912の出力波形の立ち上がり部($x_{b'}$)、立ち下がり部($x_{a'}$)を利用する。また、角膜反射像d, eの座標は鋭い立ち上がり部($x_{e'}$)、立ち下がり($x_{d'}$)を利用する。

【0030】次に、視線検出機能を持つパソコン(パーソナルコンピュータ)システムの一例を説明する。

【0031】図26は、視線検出機能を持つパソコンシステムの一例を示す概略構成図である。同図に示すパソコンシステムは、パソコンの本体部であるパソコンユニット1008、操作者がパソコンの画面を観察するためのヘッドマウントディスプレイ1006、操作者または操作者以外の人がパソコンの画面を観察するための外部モニター1009により構成されている。ここで、ヘッドマウントディスプレイ1006は、ゴーグル、メガネフレーム等の部材により操作者の目に近い位置に固定されている。

【0032】ヘッドマウントディスプレイ1006は、LCD(液晶表示器)等を有する表示素子1002と、拡大観察系を実現するための特殊プリズム1003、撮影者の目1005の視線を検出する視線検出回路1064と、パソコン画面を表示素子1002に表示する表示回路1007と、撮影者の目1005に赤外光を照射する赤外発光ダイオード1060, 1061と、赤外光を結像する結像レンズ1062a, 1062bと、これら結像レンズ1062a, 1062bにより結像された赤外光を電気信号に変換する光電変換素子(イメージセンサー)1063と、この光電変換素子1063上の撮影者の目1005の像を基に撮影者の表示素子1002上の注視点を求める注視点検出回路1064とを具備している。

【0033】次に、ヘッドマウントディスプレイ1006における観察系の光学作用について説明する。表示素子1002からの光は、第3の光学作用面cで屈折透過し、第1の光学作用面aで全反射し、第2の光学作用面bの反射層で反射し、再び第1の光学作用面aで屈折透

のみ異なり、角膜曲率中心oのy座標を y_o とすると、 $y_o = y_i + \delta y \cdots (5)$

となる。ここで、 δy は装置の設置方法/眼球距離等から幾何学的に求められる数値であり、その算出方法は省略する。

【0027】よって、眼球908の垂直方向の回転角 θ_y は、

(x_n, y_n)は、ファインダー光学系で決まる定数m

を用いると、水平面上、垂直面上それぞれ、

過し、観察者の視度に適合した拡がり角(収束角、平行)の光束となり、観察者の目1005側に射出する。ここで、観察者の目1005と表示素子1002の中心を結ぶ線を基本光軸として示している。観察者の視度に対する調整は、表示素子1002をプリズム1003の光軸に沿って平行移動することにより可能となる。ここで、プリズム1003は、像性能と歪みを補正し、テレセントリックな系とするために、3つの光学作用面をそれぞれ回転対称軸を有しない3次元曲面で構成するのが望ましく、ここでは、基本光軸を含み、紙面に平行な平面にのみ対称な曲面構造をなしている。

【0034】更に、ヘッドマウントディスプレイ1006における視線検出系の光学作用について説明する。裸眼用赤外発光ダイオード1060(奥行き方向に2個)、眼鏡用赤外発光ダイオード1061(奥行き方向に2個)から発した光は、第2の光学作用面bに設けられた開口部1012, 1013, 1014, 1015を通して、視線検出系の光軸とは異なる方向から観察者の目1005を照明する。その照明光は、観察者の角膜910、瞳孔で反射散乱され、角膜910で反射した光は角膜反射像d, eを形成し、瞳孔で散乱した光は瞳孔像を形成する。これらの光は、第2の光学作用面bに設けられた開口部1010を通して、結像レンズ1062a, 1062bによりイメージセンサー1063上に結像される。イメージセンサー1063から得られる観察者の目1005の画像は、前述した視線検出原理によって構成された注視点検出回路1064によって注視点データを出力することができる。

【0035】ここで、結像レンズ系は2枚の結像レンズ1062a, 1062bにより構成されている。特に、結像レンズ1062bは楔形状をしたレンズで、これにより結像レンズ系を少ないレンズで構成することができ、小型化に適している。この結像レンズ1062bの斜めの面に曲率をつけることで、第2の光学作用面bで発生する偏心収差を有効に補正することができる。更に、前記結像レンズ系には少なくとも非球面を1面設けると、軸外の結像性能を補正する上で有効である。前記

結像レンズ系の絞りは、第2の光学作用面bに設けた開口部に近い方が、開口部1010を小さくすることができ、観察系に対する中抜けを防ぐのに有効であり、できれば開口部と絞りが一致しているのが望ましい。開口部は、2mmより小さく設定した方が、観察者の目1005の瞳孔より小さくなり、更に観察系に対する中抜けを防ぐのに有効である。観察者の目1005を照明する光は、視感度の低い光が良いので赤外光を使用している。このとき、前記結像レンズ系に可視光をカットする部材のレンズを少なくとも1個設けると、視線の検出精度を向上することができる。

【0036】図27は、プリズム1003を側面から見た図である。ここで、第2の光学作用面bは、反射用のミラーコーティングが施されているが、結像レンズ1062a、1062b及び赤外発光ダイオード1060、1061用の開口部、即ち、ミラーコーティング未処理部（1010は結像用、1012、1013は裸眼用赤外発光ダイオード用、1014、1015は眼鏡用赤外発光ダイオード用）が設けられている。なお、前述したように、これら開口部1010、1012～1015はファインダー観察系に影響のない程度に小さなものであり、2mm以下ぐらいが望ましい。

【0037】このようにミラーコーティング部に開口部1010、1012～1015を設け、照明光源である赤外発光ダイオード1060、1061をプリズム1003を挟んで観察者の目1005と反対側に配置したため、プリズム1003の屈折力を強くし高視野化した場合でも、観察者の目1005の高さに近い位置から適切に照明することができる。

【0038】ここで、赤外発光ダイオード1060、1061は、異なる配置で裸眼用と眼鏡用とを使い分けている。2個の裸眼用赤外発光ダイオード1060は、光軸からやや離れた下部から同一高さで、光軸対称に狭い幅で左右1個ずつ、眼鏡用赤外発光ダイオード1061は、光軸からかなり離れた下部から同一高さで、光軸対称に広い幅で左右1個ずつ配置されている。その理由は3つであり、1つ目の理由は、眼球距離によってより良い照明条件を得るためで、できるだけ目の検出エリアを均等に照明するような位置になっている。2つ目の理由は、角膜反射像d、eが瞼でケラレないような高さにする必要があるため、裸眼用赤外発光ダイオード1060は、眼鏡用赤外発光ダイオード1061に比べて高い位置にある。3つ目の理由は、赤外光が眼鏡に反射してできるゴーストが、検出に影響の少ない周辺部に現れるようにするため、眼鏡用赤外発光ダイオード1061は、裸眼用赤外発光ダイオード1060より左右方向及び下方向に離れた位置にある。なお、眼球と眼鏡の判別は、角膜反射像d、eの間隔 $|xd' - xe'|$ から、眼球とプリズム1003との間の距離算出することにより行う。

【0039】視線検出回路1064は、イメージセンサー1063上の撮影者の目1005の像を基に、前述した原理に従い撮影者の表示素子1002の画面上の注視点を求めるものである。

【0040】次に、パソコンユニットについて説明する。

【0041】図26において、1008はパソコンユニットである。ここで、1814はCPU（中央演算処理装置）で、プログラムやデータの演算を行う。1813は各デバイスを結ぶシステムバス、1818はROM（リードオンリーメモリ）1816やRAM（ランダムアクセスメモリ）1817の制御を行うメモリコントローラ、1812はビデオRAM1811に書き込まれた内容がディスプレイに表示されるように制御するビデオグラフィックコントローラである。1815はポインティングデバイス或いはキーボードを制御するアクセサリデバイスコントローラであり、本例においては、ヘッドマウントディスプレイ1006の視線検出回路1064に接続される。1819は周辺装置制御用のI/Oチャンネルであり、本例においては、ヘッドマウントディスプレイ1006の表示回路1007に接続される。

【0042】以上のような構成において、ヘッドマウントディスプレイ1006の視線検出回路1064により検出された操作者の視線位置情報をパソコンユニット1008のポインティングデバイスとして適用することができる。また、同時に外部モニター1009にパソコン画面を表示することができるため、操作者以外の人がパソコン画面を見ることができる。また、片目用のヘッドマウントディスプレイを用いれば、操作者自身も外部モニター1009を見ることができる。

【0043】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来例にあっては、仮想空間に設定するスクリーン（投影面）は視点に対して固定の矩形平面であり、対象となる物体のモデルデータからこのスクリーンへの1点透視による写像を考えることによって画像の計算を行っているため、形成画像に含まれる物体の見え方（空間的・幾何学的）は現実世界を模倣したものになった。

【0044】図8（a）は従来例における仮想空間での視点、スクリーン、物体（3個の物体が横一列に並んでいる）の関係を示したものであるが（説明の簡素化のため、図では視点を真上から眺めたように示している）、この場合にレンダリングされる画像は図8（b）に示すようになった。このため、体験者が観察する映像は、時にはアートの表現が欠けたり、エンターテインメント性が乏しくなってしまう場合があった。

【0045】また、体験者が注目している物体を強調するような場合には、マウス等のポインティングデバイスで指定された物体の色を変えたり、大きさを変えたりす

る方法がとられることがあるが、この場合、体験者は意識的にマウスを動かす必要があるため、体験者の意思を即座に反映しているとはいえなかった。

【0046】本発明は上述した従来の技術の有するこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その第1の目的とするところは、アートの表現やエンターテインメント性が高い仮想世界の疑似体験が可能な仮想現実方法及び装置を提供しようとするものである。

【0047】また、本発明の第2の目的とするところは、上述したような仮想現実装置を円滑に制御することができる記憶媒体を提供しようとするものである。

【0048】

【課題を解決するための手段】上記第1の目的を達成するために請求項1記載の仮想現実方法は、物体の3次元形状データを構築するモデリング工程と、仮想現実状態を体験する体験者の視線位置を検出する視線位置検出工程と、3次元仮想空間に視点を設定する視点設定工程と、前記視線位置検出工程により検出された視線位置データに基づいて仮想空間にスクリーンを設定するスクリーン設定工程と、前記視点設定工程により設定した視点から前記物体のモデルデータを空間的・幾何学的配置を考慮して見たときの情景を前記スクリーン上に写像するスクリーン写像工程と、前記スクリーン写像工程により写像された前記スクリーン上の情景をデバイス座標系に写像する画像生成工程と、前記画像生成工程により生成した画像を映像信号に変換する映像変換工程と、前記映像変換工程により変換後の映像を表示する映像表示工程とを有することを特徴とする。

【0049】また、上記第1の目的を達成するために請求項2記載の仮想現実方法は、請求項1記載の仮想現実方法において、前記映像表示工程は、前記体験者の目の直前に置かれ且つ前記体験者の頭部に対して固定の状態で設定された表示器に映像を表示することを特徴とする。

【0050】また、上記第1の目的を達成するために請求項3記載の仮想現実方法は、請求項1記載の仮想現実方法において、前記スクリーンが任意の形状であり、また、体験者の指示によりこのスクリーンの形状を切り換えられることを特徴とする。

【0051】また、上記第1の目的を達成するために請求項4記載の仮想現実装置は、物体の3次元形状データを構築するモデリング手段と、仮想現実状態を体験する体験者の頭部の視線位置を検出する視線位置検出手段と、3次元仮想空間に視点を設定する視点設定手段と、前記視線検出手段により検出された視線位置データに基づいて仮想空間にスクリーンを設定するスクリーン設定手段と、前記視点設定手段により設定された視点から前記物体のモデルデータを空間的・幾何学的配置を考慮して見たときの情景を前記スクリーン上に写像するスクリーン写像手段と、前記スクリーン写像手段により写像さ

れた前記スクリーン上の情景をデバイス座標系に写像する画像生成手段と、画像を映像信号に変換する映像変換手段と、前記映像変換手段により変換後の映像を表示する映像表示手段とを有することを特徴とする。

【0052】また、上記第1の目的を達成するために請求項5記載の仮想現実装置は、請求項4記載の仮想現実装置において、前記映像表示手段は、前記体験者の目の直前に置かれ且つ前記体験者の頭部に対して固定の状態で設定されることを特徴とする。

【0053】また、上記第1の目的を達成するために請求項6記載の仮想現実装置は、請求項4記載の仮想現実装置において、前記スクリーンが任意の形状であり、また、体験者の指示によりこのスクリーンの形状を切り換えるスクリーン形状切換手段を有することを特徴とする。

【0054】また、上記第1の目的を達成するために請求項7記載の仮想現実方法は、物体の3次元形状データを構築するモデリング工程と、仮想現実状態を体験する体験者の視線位置を検出する視線位置検出工程と、3次元仮想空間に視点を設定する視点設定工程と、前記視線位置検出工程により検出された視線位置データに基づいて仮想空間にスクリーンを設定するスクリーン設定工程と、前記視線位置検出工程により検出された視線位置データに基づいて前記モデルデータを変更するモデルデータ変更工程と、前記視点設定工程により設定した視点から前記物体のモデルデータを空間的・幾何学的配置を考慮して見たときの情景を前記スクリーン上に写像するスクリーン写像工程と、前記スクリーン写像工程により写像された前記スクリーン上の情景をデバイス座標系に写像する画像生成工程と、前記画像生成工程により生成した画像を映像信号に変換する映像変換工程と、前記映像変換工程により変換後の映像を表示する映像表示工程とを有することを特徴とする。

【0055】また、上記第1の目的を達成するために請求項8記載の仮想現実方法は、請求項7記載の仮想現実方法において、前記映像表示工程は、前記体験者の目の直前に置かれ且つ前記体験者の頭部に対して固定の状態で設定された表示器に映像を表示することを特徴とする。

【0056】また、上記第1の目的を達成するために請求項9記載の仮想現実方法は、請求項7記載の仮想現実方法において、前記スクリーンが任意の形状であり、また、体験者の指示によりこのスクリーンの形状を切り換えられることを特徴とする。

【0057】また、上記第1の目的を達成するために請求項10記載の仮想現実方法は、前記モデルデータ変更工程を実行するためのモデルデータ変更手段が複数存在し、また、このモデルデータ変更手段は複数同時選択可能であり、更に、体験者の指示により選択内容を変更できることを特徴とする。

【0058】また、上記第1の目的を達成するために請求項11記載の仮想現実装置は、物体の3次元形状データを構築するモデリング手段と、仮想現実状態を体験する体験者の視線位置を検出する視線位置検出手段と、3次元仮想空間に視点を設定する視点設定手段と、前記視線位置検出手段により検出された視線位置データに基づいて仮想空間にスクリーンを設定するスクリーン設定手段と、前記視線位置検出手段により検出された視線位置データに基づいて前記モデルデータを変更するモデルデータ変更手段と、前記視点設定手段により設定した視点から前記物体のモデルデータを空間的・幾何学的配置を考慮して見たときの情景を前記スクリーン上に写像するスクリーン写像手段と、前記スクリーン写像手段により写像された前記スクリーン上の情景をデバイス座標系に写像する画像生成手段と、前記画像生成手段により生成した画像を映像信号に変換する映像変換手段と、前記映像変換手段により変換後の映像を表示する映像表示手段とを有することを特徴とする。

【0059】また、上記第1の目的を達成するために請求項12記載の仮想現実方法は、請求項11記載の仮想現実装置において、前記映像表示手段は、前記体験者の目の直前に置かれ且つ前記体験者の頭部に対して固定の状態を設定された表示器に映像を表示することを特徴とする。

【0060】また、上記第1の目的を達成するために請求項13記載の仮想現実装置は、請求項7記載の仮想現実装置において、前記スクリーンが任意の形状であり、また、体験者の指示によりこのスクリーンの形状を切り換えるスクリーン形状切換手段を有することを特徴とする。

【0061】また、上記第1の目的を達成するために請求項14記載の仮想現実装置は、前記モデルデータ変更手段が複数存在し、また、このモデルデータ変更手段を複数同時選択する選択手段を有し、更に、体験者の指示により選択内容を変更できることを特徴とする。

【0062】また、上記第2の目的を達成するために本発明の請求項15記載の記憶媒体は、仮想現実状態を実現する仮想現実装置を制御するプログラムを格納する記憶媒体であって、物体の3次元形状データを構築するモデリングモジュールと、仮想現実状態を体験する体験者の視線位置を検出する視線位置検出モジュールと、3次元仮想空間に視点を設定する視点設定モジュールと、前記視線位置検出モジュールにより検出された視線位置データに基づいて仮想空間にスクリーンを設定するスクリーン設定モジュールと、前記視点設定モジュールにより設定された視点から前記物体のモデルデータを空間的・幾何学的配置を考慮して見たときの情景を前記スクリーン上に写像するスクリーン写像モジュールと、前記スクリーン写像モジュールにより写像された前記スクリーン上の情景をデバイス座標系に写像する画像生成モジュールと、前記画像生成モジュールにより生成された画像を映像信号に変換する映像変換モジュールと、前記映像変換モジュールにより変換後の映像を表示する映像表示モジュールとを有するプログラムを格納したことを特徴とする。

と、前記画像生成モジュールにより生成された画像を映像信号に変換する映像変換モジュールと、前記映像変換モジュールにより変換後の映像を表示する映像表示モジュールとを有するプログラムを格納したことを特徴とする。

【0063】また、上記第2の目的を達成するために本発明の請求項16記載の記憶媒体は、請求項15記載の記憶媒体において、前記映像表示モジュールは、前記体験者の目の直前に置かれ且つ前記体験者の頭部に対して固定の状態を設定された表示器に映像を表示することを特徴とする。

【0064】また、上記第2の目的を達成するために本発明の請求項17記載の記憶媒体は、仮想現実状態を実現する仮想現実装置を制御するプログラムを格納する記憶媒体であって、物体の3次元形状データを構築するモデリングモジュールと、仮想現実状態を体験する体験者の視線位置を検出する視線位置検出モジュールと、3次元仮想空間に視点を設定する視点設定モジュールと、前記視線位置検出モジュールにより検出された視線位置データに基づいて仮想空間にスクリーンを設定するスクリーン設定モジュールと、前記視点設定モジュールにより設定された視点から前記物体のモデルデータを空間的・幾何学的配置を考慮して見たときの情景を前記スクリーン上に写像するスクリーン写像モジュールと、前記スクリーン写像モジュールにより写像された前記スクリーン上の情景をデバイス座標系に写像する画像生成モジュールと、前記画像生成モジュールにより生成された画像を映像信号に変換する映像変換モジュールと、前記映像変換モジュールにより変換後の映像を表示する映像表示モジュールとを有するプログラムを格納したことを特徴とする。

【0065】また、上記第2の目的を達成するために本発明の請求項18記載の記憶媒体は、請求項17記載の記憶媒体において、前記映像表示モジュールは、前記体験者の目の直前に置かれ且つ前記体験者の頭部に対して固定の状態を設定された表示器に映像を表示することを特徴とする。

【0066】また、上記第2の目的を達成するために本発明の請求項19記載の記憶媒体は、請求項17記載の記憶媒体において、前記モデルデータ変更モジュールを実行するモデルデータ変更手段は複数存在し、また、これらモデルデータ変更手段は複数同時選択が可能であり、更に前記体験者の指示により選択内容を変更できることを特徴とする。

【0067】

【発明の実施の形態】以下、本発明の各実施の形態を図1～図16に基づき説明する。

【0068】（第1の実施の形態）まず、本発明の第1の実施の形態を図1～図11に基づき説明する。図1は、本発明の第1の実施の形態に係る仮想現実装置の概

念を示す図であり、同図において、3は視線入力スカウタ（ヘッドマウントディスプレイの一種）で、眼鏡のような形状をなしている。本装置による仮想現実状態の体験者1が、この視線入力スカウタ3を眼鏡と同様に装着することによって、該視線入力スカウタ3内のモニタ3aを見ることで映像を観察することができ、また、付属のイヤホンにより音声を聞くことができる。また、この装置に組み込まれた視線検出装置3bは、体験者1の視線位置を検出し、その検出データをコンピュータ5に送信する。

【0069】2は磁気による3Dセンサー（位置方向検出装置）で、トランスミッタ2a（体験者1の近辺に固定される）及びレシーバ2b（体験者1の頭部に取り付けられている）が接続されている。この3Dセンサー2は、トランスミッタ2aが発生した磁界中におけるレシーバ2bの誘起電流の大きさを処理することで、体験者（頭部）1の空間的位置（x, y, z）と方向（ピッチ：Pitch、ヨー：Yaw、ロール：Roll）とを検出し、その検出データをコンピュータ5に送信する。

【0070】コンピュータ5は、まず、3Dセンサー2から収集した体験者1の実空間における3次元位置データと方向のデータを用いて、仮想空間での視点（カメラ）の位置及び方向を決める。次に、視線入力スカウタ3の視線検出装置3bから収集した体験者1の視線位置データを用いて仮想空間におけるスクリーン（投影面）の位置を設定し、このスクリーンに対して予め入力されたモデル（物体）を写像することによって、3次元仮想空間での情景を示す映像（2次元画像）6を計算する。この映像6は、スキャンコンバータ4を介して視線入力スカウタ3内のモニタ3aへ送信され、体験者1は目の前のこの映像6を観察することにより、仮想空間の疑似体験をする。

【0071】図2は、本実施の形態に係る仮想現実装置のシステム構成を示すブロック図である。同図において、101は制御装置で、本装置の構成要素全体の制御を司るものである。102はデータ入力装置で、例えばキーボード等からなり、物体のモデリングデータ、シミュレーションデータ、視点条件等の初期値の入力を行うものである。103はコマンド入力装置で、例えばマウス等からなり、シミュレーションの開始・終了等を指示するものである。104はファイル装置で、不揮発性メモリ等からなり、モデルデータ等を格納する。105は演算装置で、各種変数の更新及びモデルを用いた3次元画像の生成等を行うものである。106はメモリ装置で、本装置の起動中に物体のモデリングデータ及び視点条件等の各種データを格納するものである。107はビデオメモリ装置で、レンダリング後の画像のピクセル値を格納するものである。108はデータ表示装置で、CRT（陰極線管）モニタ等からなり、制御装置101からの指示情報やビデオメモリ装置107内の画像を表示

したり、ユーザへの指示や入力したデータ等を表示するものであり、主にシステムのオペレータのデータ確認のために用いられる。109は映像変換装置で、例えばスキャンコンバータ等からなり、ビデオメモリ装置107内の画像データを映像信号として出力するものである。

110は位置方向検出装置で、例えば磁気センサー等からなり、仮想世界シミュレーションの体験者の実空間における位置（x, y, z）及び方向（ピッチ：Pitch、ヨー：Yaw、ロール：Roll）を検出・出力するものである。この位置方向検出装置110には、トランスミッタ部110a（体験者の近辺に固定）及びレシーバ部110b（体験者の頭部に固定）が接続される。111は視線入力スカウタで、仮想世界シミュレーションの体験者が装着するものであり、視線検出部111a（体験者の視線データの検出）と映像表示部111b（映像変換装置109からの映像信号を表示）とで構成されている。

【0072】次に、本実施の形態に係る仮想現実装置のVR（バーチャルリアリティ）シミュレーション処理動作について、図3に基づき説明する。図3は、本実施の形態に係る仮想現実装置のVRシミュレーション処理動作を示すフローチャートである。

【0073】仮想現実装置の体験者がコマンド入力装置103であるマウスを用い、プログラム開始の指示を与えると、VRシミュレーション処理動作が開始する。

【0074】まず、ステップS301でスクリーン（投影面）の初期化を行う。即ち、制御装置101の命令によりデータ表示装置108は、図4に示すような表示を行う。ここで、体験者はコマンド入力装置103であるマウスにより、データ表示装置108に表示されているものの中から希望のスクリーン形状を選択した後、図示しないOKボタンを押すと、選択された形状のスクリーン形状のID（0～3のどれか）が変数Wに代入される。但し、ここで0～3のIDが示すスクリーン形状は、それぞれ図5（a）、（b）、（c）、（d）に示すようなものとする。

【0075】次に、ステップS302で位置方向検出装置110の初期化を行う。即ち、仮想現実装置の体験者は視線入力スカウタ111と位置方向検出装置110を装着した体験者1を適当な位置で直立して真正面を見ている状態で静止させる。そして、この状態で体験者がコマンド入力装置103であるマウスにより指示を与えると、位置方向検出装置110はこの状態の位置と方向とを、原点（0.0,0.0,0.0）及び原回転角（0.0,0.0,0.0：即ち、回転がない状態）として初期化する。次に、ステップS303で制御装置101の命令により演算装置105は、3次元仮想空間に設定する視点（カメラ）を、例えば「位置：0.0,1.0,0.0、方向：0.0,0.0,-1.0「方向ベクトル」、視角「横・縦」：0.8,0.6」で初期化する。

【0076】次に、ステップS304でモデルデータの

ロードを行う。即ち、制御装置101は、予め作成されたファイル装置104に格納されている4個のモデル（モデル1～モデル4）ファイルからデータをメモリ装置106にロードする。なお、各モデルデータは、前述した座標値と面ループデータとで記述されており（また、ファイルの最後に仮想空間におけるモデルの初期位置も追加されている）、以下のようなものであるとする。

【0077】▽モデル1

「座標値データ」

8 1: (-0.5, 0.5, 0.5) 2: (0.5, 0.5, 0.5) 3: (0.5, 0.5, -0.5) 4: (-0.5, 0.5, -0.5) 5: (-0.5, -0.5, 0.5) 6: (0.5, -0.5, -0.5) 7: (0.5, -0.5, 0.5) 8: (-0.5, -0.5, 0.5)

※左端の“8”はモデル1の図形が、1()～8()の8個の3次元空間における座標によって定義されていることを示しており、()内が3次元(x, y, z)座標値である。

「面ループデータ」

6 (41234) (45876) (41562) (44378) (41485) (42673)

(0.0 1.0 -2.0) → 初期値

※左端の“6”はモデル1の図形が()で示す6個の面で構成されていることを示し、()内の数字は上記の3次元空間における座標の番号を示している。

【0078】例えば、(41234)は、上記の座標 4: (-0.5, 0.5, -0.5) 1: (-0.5, 0.5, 0.5) 2: (0.5, 0.5, 0.5) 3: (0.5, 0.5, -0.5) 4: (-0.5, 0.5, -0.5)を結んで形成される閉曲面を意味している。

【0079】ここで閉曲面には表、裏があるため、例えば座標 4, 1, 2, 3, 4を順次左回りに結んで閉曲面を形成したとき、手前側を表面とする。

▽モデル2

「座標値データ」

8 1: (-0.5, 0.5, 0.5) 2: (0.5, 0.5, 0.5) 3: (0.5, 0.5, -0.5) 4: (0.5, 0.5, -0.5) 5: (-0.5, -0.5, 0.5) 6: (0.5, -0.5, -0.5) 7: (0.5, -0.5, 0.5) 8: (-0.5, -0.5, 0.5)

「面ループデータ」

6 (41234) (45876) (41562) (44378) (41485) (42673)

(0.0 1.0 -2.0) → 初期値

▽モデル3

「座標値データ」

8 1: (-0.5, 0.5, 0.5) 2: (0.5, 0.5, 0.5) 3: (0.5, 0.5, -0.5) 4: (-0.5, 0.5, -0.5) 5: (-0.5, -0.5, 0.5) 6: (0.5, -0.5, -0.5) 7: (0.5, -0.5, 0.5) 8: (-0.5, -0.5, 0.5)

「面ループデータ」

6 (41234) (45876) (41562) (44378) (41485) (42673)

(0.0 1.0 -2.0) → 初期値

▽モデル4

4 (-5.0, 0.0, 0.0) (5.0, 0.0, 0.0) (5.0, 0.0, -10.0) (-5.0, 0.0, -10.0)

1 (42341)

(0.0 0.0 -5.0) → 初期値

なお、本実施の形態では、説明の簡素化のためにモデルの色や表面のテクスチャは考慮にいけないものとする。

【0080】次に、ステップS305で制御装置101の命令によりコマンド入力装置103であるマウスは、体験者からVRシミュレーション処理終了の指示があるか否かを判断し、指示がある場合はVRシミュレーションを終了し、指示がない場合はステップS306へ進む。

【0081】このステップS306では、スクリーン（投影面）形状の変更を行う。即ち、制御装置101の命令によりコマンド入力装置103であるマウスは、体験者からスクリーン（投影面）形状の切り換え指示の有無を判断し、切り換え指示が有る場合は制御装置101は、前記ステップS304と同様の方法を実行し、体験者に新しいスクリーン形状を選択させる。

【0082】次に、ステップS307で制御装置101の命令により位置方向検出装置110は、体験者1の頭部1005の位置(x, y, z)及び回転角（ピッチ：Pitch、ヨー：Yaw、ロール：Roll）を検出し、その検出データをメモリ装置106へ格納する。

【0083】次に、ステップS308で制御装置101の命令により視線入力スカウタ111内の視線検出部111aは、体験者1の視線位置データS(s, t)を検出し、その検出データをメモリ装置106へ格納する。なお、この視線位置データSは、図4に示すように視線入力スカウタ111内の映像表示部111bにおける視野フレーム（横と縦の長さをそれぞれa, bとする）の左上頂点を基準とした位置を示すものとする。

【0084】次にステップS309で体験者1の頭部の方向に対する視線方向のずれ角度を計算する。即ち、制御装置101の命令により演算装置105は、図6に示す視線入力スカウタ111の視野フレームと、図7に示す仮想空間における視点のニアクリッピング面を対応させることで、縦横方向のずれ角度(α, β)を下記(9)式及び(10)式によりそれぞれ計算し、その算出データをメモリ装置106に格納する。

【0085】

$$\alpha = \arctan(1x/h) \quad \cdots (9)$$

$$\beta = \arctan(1y/h) \quad \cdots (10)$$

但し、1x, 1yは下記(11)式及び(12)式によりそれぞれ表わされ、また、hは視点から前記ニアクリッピング面までの距離を示すものとする。

【0086】

$$1x = (m/a) \cdot (s-a/s) \quad \cdots (11)$$

$$1y = (n/b) \cdot (t-b/t) \quad \cdots (12)$$

次にステップS310で仮想空間内の視点(カメラ)の移動処理を行う。なお、この処理の中で視点(カメラ)方向の補正が実行される。

【0087】即ち、制御装置101の命令により演算装置105は、まず、メモリ装置106内に格納されているデータである体験者1の頭部の回転角(ピッチ:Pitch、ヨー:Yaw、ロール:Roll) = (β , α , γ)を用い

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & \cos\beta \\ 0 & \cos\alpha & -\sin\alpha & 0 \\ 0 & \sin\alpha & \cos\alpha & \sin\beta \end{pmatrix}$$

であるとする。

【0089】次に、演算装置105は、仮想空間において視点(カメラ)の位置を(x , y , z)に、また、方向を(p' , q' , r')にそれぞれ設定する。

【0090】次にステップS311でスクリーン(投影面)の回転処理を行う。即ち、制御装置101の命令により演算装置105は、まず、前記ステップS310での視点ベクトルを前記ステップS309でのずれ角度分だけ回転させた新しいベクトル v “(スクリーン方向ベクトル)を計算する。次に、視点位置からこのスクリーン方向ベクトルの示す方向に変数 W で示されるスクリーン(現在選択されているスクリーン)を設定する。

【0091】次にステップS312でスクリーンへの写像処理を行う。即ち、制御装置101の命令により演算装置105は、仮想空間に設定されているモデル1~4のデータをスクリーンに1点透視法により投影する。

【0092】なお、図8~図11にモデルの各スクリーンへの投影の様子(視点を上方から見た様子)を示す(但し、図8~図11ではモデル4のみ省略してある)。

【0093】次にステップS313で最終的な画像の計算を行う。即ち、制御装置101の命令により演算装置105は、スクリーンの有効範囲に投影された情景をビデオメモリ装置107(デバイス座標系)に写像する。但し、ここでの写像は、スクリーン面の有効範囲における任意の距離がデバイス座標系において保存されるようなものであるとする(詳細は省略する)。また、スクリーンの有効範囲とは、ビューイングボリュームによって切り取られるスクリーン内の範囲を示すものとする(スクリーンはビューイングボリュームを切り取るのに十分な大きさがあるものとする)。

【0094】なお、図8(b)、図9(b)、図10(b)、図11(b)に、それぞれ図8(a)、図9(a)、図10(a)、図11(a)の場合のスクリーンから写像されたビデオメモリ装置107上の画像を示す(但し、この図8~図11ではモデル4のみ省略してある)。

【0095】次に、ステップS314で体験者1への映像の表示を行う。即ち、制御装置101の命令によりビデオメモリ装置107内の画像を映像変換装置109を

て、下記(13)式により方向ベクトル $v' = (p, q, r)$ (ワールド座標)に変換する。

【0088】

$$v' = Ax \cdot Ay \cdot Az \cdot v \quad \cdots (13)$$

但し、 v は z 軸方向の単位ベクトル(0.0,-1)、また、 $Ax \cdot Ay \cdot Az$ は、それぞれ x 軸、 y 軸、 z 軸の周りの回転を示す行列(3×3)で、

$$\begin{pmatrix} 0 & \sin\beta & \cos\gamma & -\sin\gamma & 0 \\ 1 & 0 & \sin\gamma & \cos\gamma & 0 \\ 0 & \cos\beta & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

介して、視線入力スカウタ111内の映像表示部111bへ送信する。この結果、視線入力スカウタ111を着した体験者1は、選択されているスクリーンに応じて図8(b)、図9(b)、図10(b)、図11(b)に示すような情景を見ることになる。

【0096】前記ステップS314の処理を終了後は、前記ステップS305へ戻る。

【0097】なお、本実施の形態においては、3Dセンサー(位置方向検出装置)を用いた仮想現実装置について説明したが、本発明はこれに限られるものではない。

【0098】(第2の実施の形態)次に、本発明の第2の実施の形態を図12~図14に基づき説明する。なお、本実施の形態に係る仮想現実装置のシステム構成は、上述した第1の実施の形態における図1及び図2と同一であるから、これに両図を流用して説明する。

【0099】図12は、本発明の第2の実施の形態に係る仮想現実装置のVRシミュレーションの流れを示すフローチャートである。なお、本実施の形態においては、説明の簡素化のため、3次元仮想空間に設定するスクリーン(投影面)は矩形平面であって、視点(カメラ)に対して固定であるとするが、本発明はこれに限られるものではない。

【0100】仮想現実装置の体験者がコマンド入力装置103であるマウスを用い、プログラム開始の指示を与えるとVRシミュレーションが開始する。

【0101】まず、ステップS1201で注目モデルの強調方法の初期化を行う。即ち、制御装置101の命令によりデータ表示装置108は、図13に示すような表示を行う。体験者はコマンド入力装置103であるマウスによりデータ表示装置108上の文字列から強調方法を選択した後(強調方法は複数選択可能であるが、図13中の「1. 色づけ(色変更)」と「2. テクスチャ貼り付け(テクスチャ変更)」だけは同時に選択できないものとする)、図示しないOKボタンを押すと、選択された強調方法がメモリ装置106に格納される。なお、本実施の形態においては、説明の簡素化のために各強調方法の細かな内容の指定、例えば色変更におけるカラー値、テクスチャ変更におけるテクスチャ画像やマッピング手法、スケール変更における倍率や変倍の有無、或いは運動指定の際の運動の内容(回転、振動等)

等は実行しないものとするが、本発明はこの限りではない。

【0102】次に、ステップS1202で位置方向検出装置110の初期化を行う。即ち、仮想現実装置の体験者は、視線入力スカウタ111と位置方向検出装置110とを装着した体験者を適当な位置に直立して真正面を見ている状態で静止させる。そして、この状態で体験者がコマンド入力装置103であるマウスにより指示を与えると、位置方向検出装置110はこの状態の位置と方向とを、原点(0.0,0.0,0.0)及び原回転角(0.0,0.0,0.0:即ち、回転がない状態)として初期化する。

【0103】次に、ステップS1203で制御装置101の命令により演算装置105は、3次元仮想空間に設定する視点(カメラ)を、例えば「位置:0.0,1.0,0.0、方向:0.0,0.0,-1.0「方向ベクトル」、視角「横・縦」:0.8,0.6)で初期化する。

【0104】次に、ステップS1204で制御装置101は、予め作成されたファイル装置104に格納されている4個のモデル(モデル1〜モデル4)ファイルからデータをメモリ装置106にロードする。なお、各モデルデータは従来の技術で示した座標値と面ループデータとで記述されており(また、ファイルの最後に仮想空間におけるモデルの初期位置も追加されている)、以下のようなものであるとする。

【0105】▽モデル1

「座標値データ」

8 1:(-0.5,0.5,0.5) 2:(0.5,0.5,0.5) 3:(0.5,0.5,-0.5) 4:(-0.5,0.5,-0.5) 5:(-0.5,-0.5,0.5) 6:(0.5,-0.5,-0.5) 7:(0.5,-0.5,0.5) 8:(-0.5,-0.5,0.5)

「面ループデータ」

6 (41234) (45876) (41562) (44378) (41485) (42673)

(0.0 1.0 -2.0) → 初期値

▽モデル2

8 1:(-0.5,0.5,0.5) 2:(0.5,0.5,-0.5) 3:(0.5,0.5,-0.5) 4:(-0.5,0.5,-0.5) 5:(-0.5,-0.5,0.5) 6:(0.5,-0.5,-0.5) 7:(0.5,-0.5,0.5) 8:(-0.5,-0.5,0.5)

6 (41234) (45876) (41562) (44378) (41485) (42673)

(0.0 1.0 -2.0) → 初期値

▽モデル3

「座標値データ」

8 1:(-0.5,0.5,0.5) 2:(0.5,0.5,0.5) 3:(0.5,0.5,-0.5) 4:(-0.5,0.5,-0.5) 5:(-0.5,-0.5,0.5) 6:(0.5,-0.5,-0.5) 7:(0.5,-0.5,0.5) 8:(-0.5,-0.5,0.5)

「面ループデータ」

6 (41234) (45876) (41562) (44378) (41485) (42673)

1	0	0	$\cos\beta$	0
0	$\cos\alpha$	$-\sin\alpha$	0	1
0	$\sin\alpha$	$\cos\alpha$	$\sin\beta$	0

であるとする。

(0.0 1.0 -2.0) → 初期値

▽モデル4

4 (-5.0,0.0,0.0) (5.0,0.0,0.0) (5.0,0.0,-10.0) (-5.0,0.0,-10.0)

1 (42341)

(0.0 0.0 -5.0) → 初期値

次に、ステップS1205で制御装置101の命令によりコマンド入力装置103であるマウスは、体験者からVRシミュレーション処理終了の指示があるか否かを判断し、指示がある場合はVRシミュレーションを終了し、指示がない場合はステップS1206へ進む。

【0106】このステップS1206では、注目モデルの強調方法の変更を行う。即ち、制御装置101の命令によりコマンド入力装置103であるマウスは、体験者から強調方法の変更の指示があるか否かを判断する。そして、強調方法の変更の指示がある場合は、前記ステップS1201に示した方法により強調方法を再度指定することで変更を行い、強調方法の変更の指示がない場合は、何も処理せずに次のステップS1207へ進む。

【0107】このステップS1207では、制御装置101の命令により位置方向検出装置110は、体験者の頭部の位置P(x、y、z)及び回転角(ピッチ:Pitch、ヨー:Yaw、ロール:Roll)を検出し、その検出データをメモリ装置106に格納する。

【0108】次に、ステップS1208で制御装置101の命令により視線入力スカウタ111内の視線検出部111aは、体験者の視線位置データS(s、t)を検出し、その検出データをメモリ装置106に格納する。なお、この視線位置データは、図6に示すように視線入力スカウタ111内の映像表示部111bにおける視野フレーム(横と縦の長さをそれぞれa、bとする)の左上頂点を基準とした位置を示すものとする。

【0109】次に、ステップS1209で仮想空間内の視点(カメラ)の移動処理を行う。即ち、制御装置101の命令により演算装置105は、まず、メモリ装置106内に格納されているデータである体験者1の頭部の回転角(ピッチ:Pitch、ヨー:Yaw、ロール:Roll)=(β , α , γ)を用いて、下記(13)式により方向ベクトル $v'=(p, q, r)$ (ワールド座標)に変換する。

【0110】

$$v' = Ax \cdot Ay \cdot Az \cdot v \cdots (13)$$

但し、 v はz軸負方向の単位ベクトル(0.0,-1)、また、 $Ax \cdot Ay \cdot Az$ は、それぞれx軸、y軸、z軸の周りの回転を示す行列(3×3)で、

$\sin\beta$	$\cos\gamma$	$-\sin\gamma$	0
0	$\sin\gamma$	$\cos\gamma$	0
$\cos\beta$	0	0	1

【0111】次に、演算装置105は、仮想空間におい

て視点(カメラ)の位置を(x 、 y 、 z)に、また、方向を $v'(p, q, r)$ にそれぞれ設定する。

【0112】次に、ステップS1210で体験者の視線位置に対応する3次元仮想空間における注目モデルの判断を行う。即ち、制御装置101の命令により演算装置105は、3次元モデルからスリーンへの写像の逆変換を考慮することにより、前記ステップS1208において取得した体験者の視線位置 $S(s, t)$ に写像されるモデルがあるか否かを判断する。そして、写像されるモデルがある場合は、このモデルのID(1~4)を、写像されるモデルがない場合は、0を変数 z (注目モデルのIDを示す変数)に代入する。なお、説明の簡素化のために3次元モデルからスリーンへの写像の逆変換は公知であるから、その説明を省略する。

【0113】次に、ステップS1211でスリーンへの写像処理を行う。即ち、制御装置101の命令により演算装置105は、仮想空間に設定されているモデル1~モデル4のデータをスリーンに1点透視法により投影する。この際、 $z > 0$ の場合は、現在選択されている強調方法により変数 z が示すモデルを強調した状態で且つその他のモデルは無変化の状態でスクリーン(投影面)への投影処理を実行する。また、 $z = 0$ の場合は、全モデルが無変化の状態でスクリーン(投影面)への投影処理を実行する。

【0114】次に、ステップS1212で最終的な画像の計算を行う。即ち、制御装置101の命令により演算装置105は、スクリーンに投影された情景をビデオメモリ装置107(デバイス座標系)に写像する。

【0115】次に、ステップS1213で体験者への映像の表示を行う。即ち、制御装置101の命令によりビデオメモリ装置107内の画像を映像変換装置109を介して、視線入力スカウタ111内の映像表示部111bへ送信する。この結果、視線入力スカウタ111を装着した体験者1は、図14(b)に示すような情景を見ることになる(図14(b)ではモデル3がスケール拡大により強調されており、また、説明の簡素化のためモデル4は省略されている)。

【0116】前記ステップS1213を終了後は、前記ステップS1205へ戻る。

【0117】(第3の実施の形態)次に、本発明の記憶媒体について、図15及び図16に基づき説明する。

【0118】仮想現実状態を実現する仮想現実装置を制御するプログラムを格納する記憶媒体には、少なくとも図15に示すように、「モデリングモジュール」、「視線位置検出モジュール」、「視点設定モジュール」、「スクリーン設定モジュール」、「スクリーン写像モジュール」、「画像生成モジュール」、「映像変換モジュール」、「映像表示モジュール」の各モジュールを有するプログラムを格納すればよい。

【0119】ここで、「モデリングモジュール」は物体

の3次元形状(モデル)データを構築するプログラムモジュールである。また、「視線位置検出モジュール」は前記体験者の視線位置を検出するプログラムモジュールである。また、「視点設定モジュール」は3次元仮想空間に視点(カメラ)を設定するプログラムモジュールである。また、「スクリーン設定モジュール」は前記視線位置検出モジュールにより検出された視線位置データに基づいて仮想空間にスクリーン(投影面)を設定するプログラムモジュールである。また、「スクリーン設定モジュール」は前記視点設定モジュールにより設定された視点から前記物体のモデルデータを空間的・幾何学的配置を考慮して見たときの情景を前記スクリーン上に写像するプログラムモジュールである。また、「画像生成モジュール」は前記スクリーン写像モジュールにより写像された前記スクリーン上の情景をデバイス座標系に写像するプログラムモジュールである。また、「映像変換モジュール」は前記画像生成モジュールにより生成した画像を映像信号に変換するプログラムモジュールである。また、「映像表示モジュール」は前記映像変換モジュールにより変換後の映像を表示するプログラムモジュールである。

【0120】また、前記視点設定モジュールは、前記位置方向検出モジュールにより検出された位置データ及び方向データに基づいて視点を設定する。また、前記映像表示モジュールは、前記体験者の目の直前に置かれ且つ前記体験者の頭部に対して固定の状態で設定された表示器に映像を表示する。

【0121】また、仮想現実状態を実現する仮想現実装置を制御するプログラムを格納する別の記憶媒体には、少なくとも図16に示すように、「モデリングモジュール」、「視線位置検出モジュール」、「視点設定モジュール」、「スクリーン設定モジュール」、「モデルデータ変更モジュール」、「スクリーン写像モジュール」、「画像生成モジュール」、「映像変換モジュール」、「映像表示モジュール」の各モジュールを有するプログラムを格納すればよい。

【0122】ここで、「モデリングモジュール」は物体の3次元形状(モデル)データを構築するプログラムモジュールである。また、「視線位置検出モジュール」は前記体験者の視線位置を検出するプログラムモジュールである。また、「視点設定モジュール」は3次元仮想空間に視点(カメラ)を設定するプログラムモジュールである。また、「スクリーン設定モジュール」は前記視線位置検出モジュールにより検出された視線位置データに基づいて仮想空間にスクリーン(投影面)を設定するプログラムモジュールである。また、「モデルデータ変更モジュール」は、前記視線位置検出モジュールにより検出された視線位置データに基づいてモデルデータを変更するプログラムモジュールである。また、「スクリーン設定モジュール」は前記視点設定モジュールにより設定

された視点から前記物体のモデルデータを空間的・幾何学的配置を考慮して見たときの情景を前記スクリーン上に写像するプログラムモジュールである。また、「画像生成モジュール」は前記スクリーン写像モジュールにより写像された前記スクリーン上の情景をデバイス座標系に写像するプログラムモジュールである。また、「映像変換モジュール」は前記画像生成モジュールにより生成した画像を映像信号に変換するプログラムモジュールである。また、「映像表示モジュール」は前記映像変換モジュールにより変換後の映像を表示するプログラムモジュールである。

【0123】また、前記視点設定モジュールは、前記位置方向検出モジュールにより検出された位置データ及び方向データに基づいて視点を設定する。また、前記映像表示モジュールは、前記体験者の目の直前に置かれ且つ前記体験者の頭部に対して固定の状態で設定された表示器に映像を表示する。

【0124】また、前記モデルデータ変更モジュールを実行するモデルデータ変更手段は複数存在し、また、これらモデルデータ変更手段は複数同時選択が可能であり、更に前記体験者の指示により選択内容を変更できる。

【0125】

【発明の効果】以上詳述したように本発明の仮想現実方法及び装置によれば、視線検出手段から取得した体験者（ユーザ）の視線位置データに基づいて仮想空間に設定するスクリーンをダイナミックに移動することで、形成画像に含まれる物体の空間的・幾何学的な見え方を現実とは異なる面白みのあるものにできるため、アートの効果やエンターテインメント性の高いVRシミュレーションを実現することが可能となるという効果を奏する。

【0126】また、本発明の仮想現実方法及び装置によれば、体験者の視線位置に投影されているモデルの属性（形状、大きさ、色、テクスチャー、動作等）をダイナミックに変更することで、体験者の意思を即座に反映して体験者が注目しているモデルを強調することが可能になり、これにより、VRシミュレーションのアートの表現やエンターテインメント性（デモ効果）も向上させることが可能であるという効果を奏する。

【0127】また、本発明の仮想現実方法及び装置によれば、視線の被検出者は、その目の直前に固定されたディスプレイを見ることにより臨場感のある映像を鑑賞することができるという効果を奏する。

【0128】また、本発明の仮想現実方法及び装置によれば、体験者の指示により仮想空間に設定するスクリーンの形状を自由に変化させ、仮想空間に設定した物体の空間的・幾何学的な見え方を変化させることができるという効果を奏する。本発明の記憶媒体によれば、上述したような仮想現実装置を円滑に制御することができるという効果を奏する。

【0129】また、本発明の仮想現実方法及び装置によれば、体験者が注目しているモデルに与える強調方法を切り換えることが可能であるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る仮想現実装置の概念を示す図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態に係る仮想現実装置のシステム構成を示すブロック図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態に係る仮想現実装置のVRシミュレーション処理動作を示すフローチャートである。

【図4】本発明の第1の実施の形態に係る仮想現実装置のスクリーン選択時の画面を示す図である。

【図5】本発明の第1の実施の形態に係る仮想現実装置の4種類のスクリーンを説明するための図である。

【図6】本発明の第1の実施の形態に係る仮想現実装置の視線入力スカウタ内の映像表示部における視野フレームを示す図である。

【図7】本発明の第1の実施の形態に係る仮想現実装置の視点とニアクリッピング面を説明する図である。

【図8】本発明の第1の実施の形態に係る仮想現実装置のスクリーンへの投影の様子と形成画像を示す図である。

【図9】本発明の第1の実施の形態に係る仮想現実装置のスクリーンへの投影の様子と形成画像を示す図である。

【図10】本発明の第1の実施の形態に係る仮想現実装置のスクリーンへの投影の様子と形成画像を示す図である。

【図11】本発明の第1の実施の形態に係る仮想現実装置のスクリーンへの投影の様子と形成画像を示す図である。

【図12】本発明の第2の実施の形態に係る仮想現実装置のVRシミュレーション処理動作を示すフローチャートである。

【図13】本発明の第2の実施の形態に係る仮想現実装置の注目モデル強調方法選択の際の画面を示す図である。

【図14】本発明の第2の実施の形態に係る仮想現実装置のスクリーンへの投影の様子と形成画像を示す図である。

【図15】本発明の記憶媒体に格納されるプログラムの各プログラムモジュールを示す図である。

【図16】本発明の別の記憶媒体に格納されるプログラムの各プログラムモジュールを示す図である。

【図17】一般的なモデリング座標系における3次元物体を示す図である。

【図18】一般的なモデルデータの一例を示す図である。

【図19】一般的な投影変換のための4つの座標を示す

図である。

【図 2 0】一般的な投影変換を示す図である。

【図 2 1】一般的なスクリーンから投影された表示画像の一例を示す図である。

【図 2 2】一般的な視線検出方法の原理を示す平面図である。

【図 2 3】一般的な視線検出方法の原理を示す側面図である。

【図 2 4】一般的な仮想現実装置のイメージセンサに投影される眼球像の概略図である。

【図 2 5】一般的な仮想現実装置のイメージセンサの出力強度図である。

【図 2 6】一般的な視線検出機能を持つパソコンシステムの一例を示す概略構成図である。

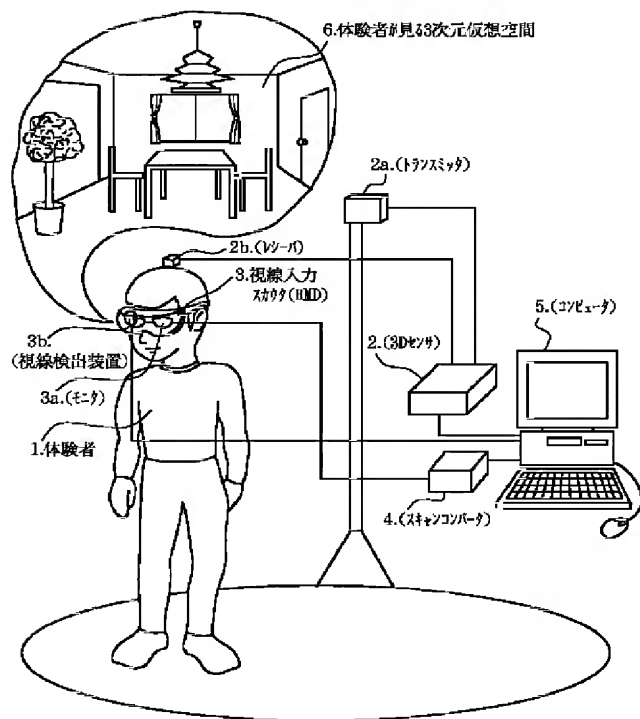
【図 2 7】一般的な視線検出機能を持つパソコンシステムのプリズムの構成図である。

【符号の説明】

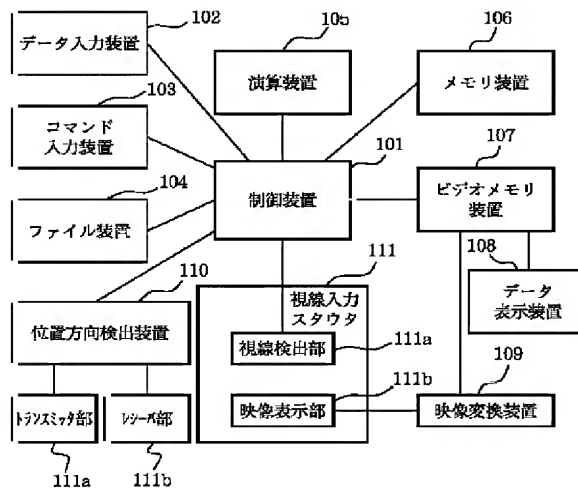
- 1 体験者
- 2 3Dセンサ
- 2 a トランスミッタ
- 2 b レシーバ

- 3 視線入力スカウタ (HMD)
- 3 a モニタ
- 3 b 視線検出装置
- 4 スキャンコンバータ
- 5 コンピュータ
- 6 体験者が見る3次元仮想空間
- 1 0 1 制御装置
- 1 0 2 データ入力装置
- 1 0 3 コマンド入力装置
- 1 0 4 ファイル装置
- 1 0 5 演算装置
- 1 0 6 メモリ装置
- 1 0 7 ビデオメモリ装置
- 1 0 8 データ表示装置
- 1 0 9 映像変換装置
- 1 1 0 位置方向検出装置
- 1 1 0 a トランスミッタ部
- 1 1 0 b レシーバ部
- 1 1 1 視線入力スカウタ
- 1 1 1 a 視線検出部
- 1 1 1 b 映像表示部

【図 1】

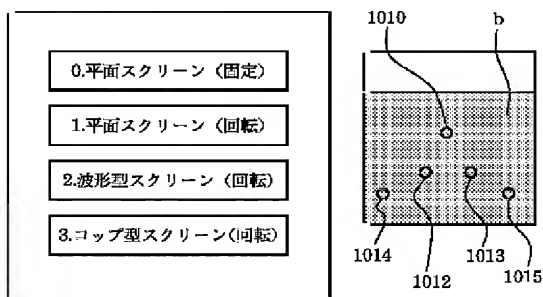


【図 2】

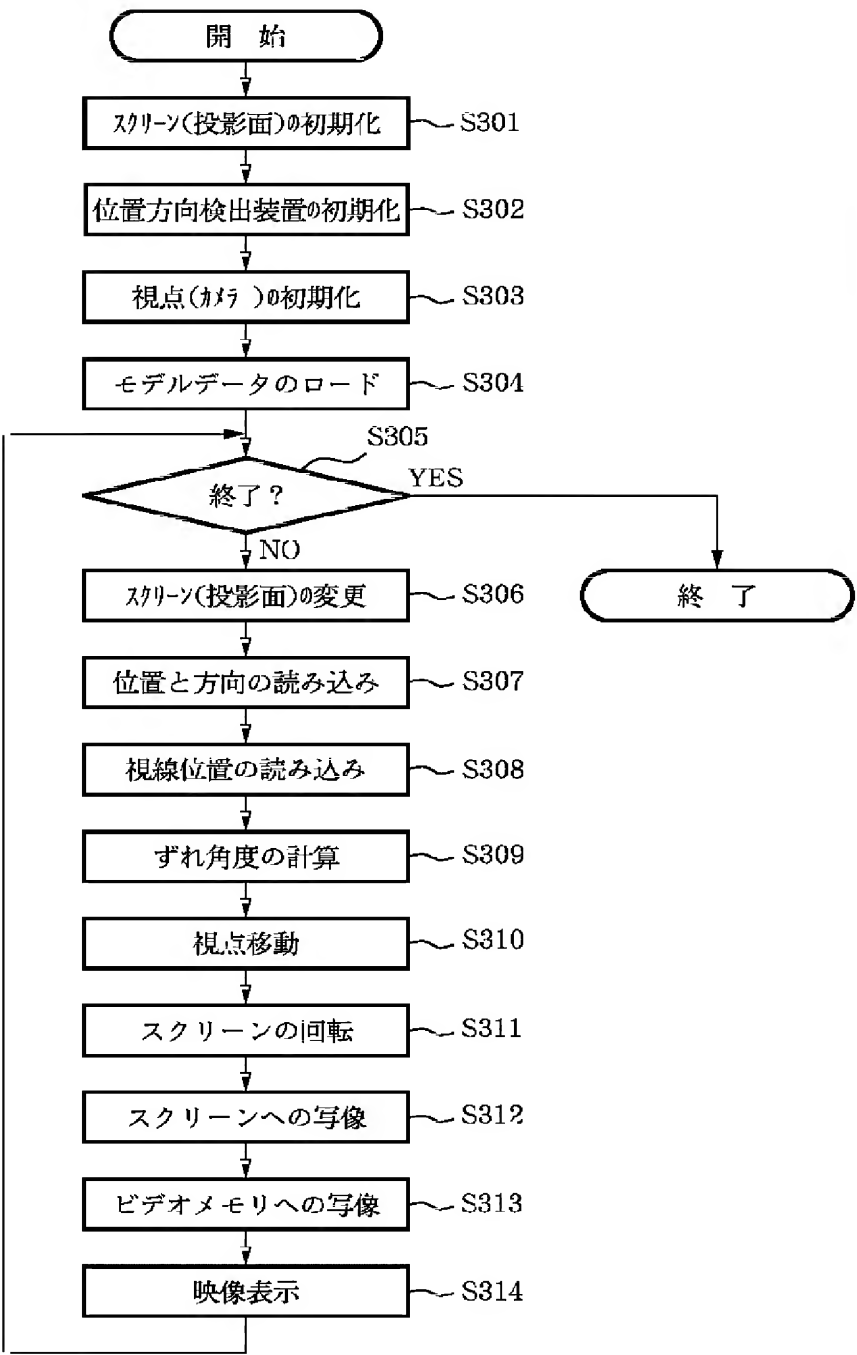


【図 4】

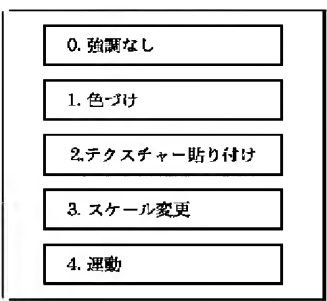
【図 2 7】



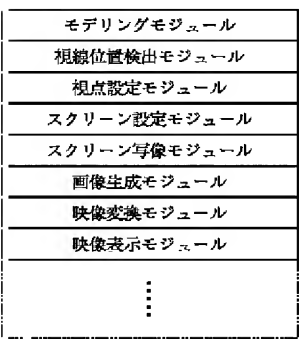
【図 3】



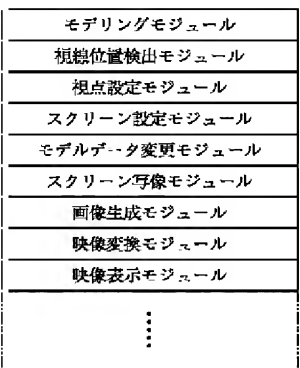
【図 1 3】



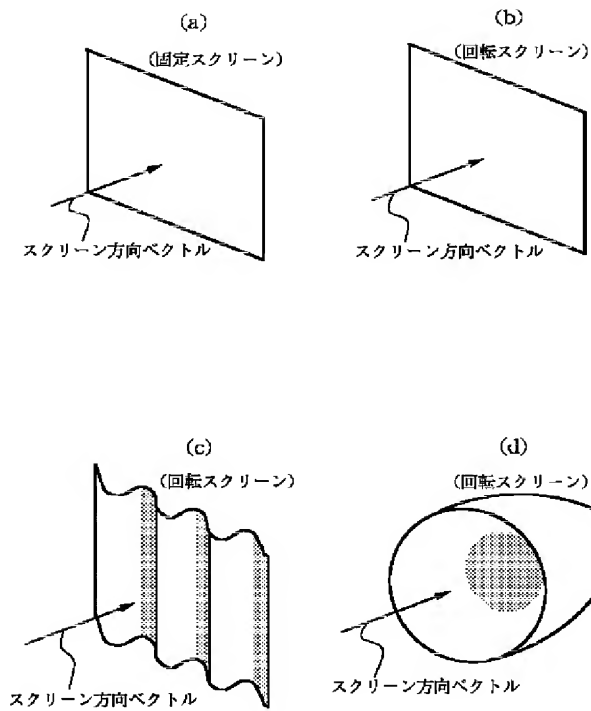
【図 1 5】



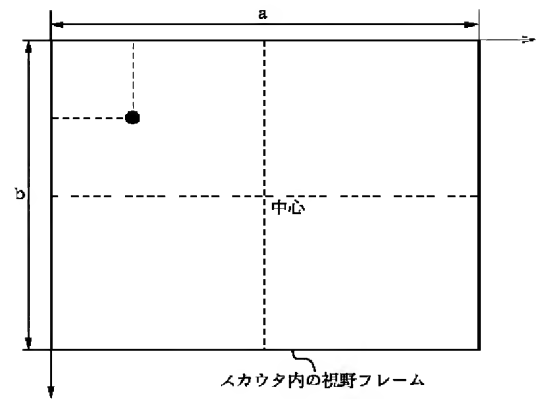
【図 1 6】



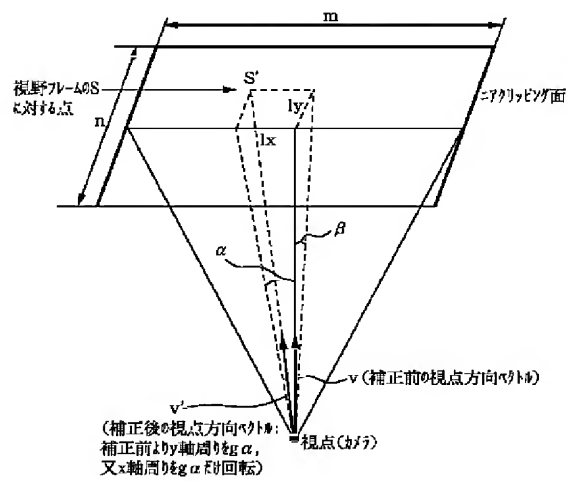
【図5】



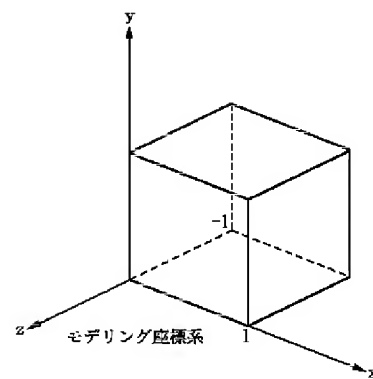
【図6】



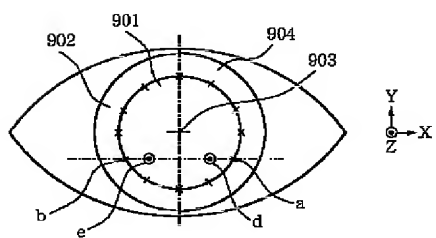
【図7】



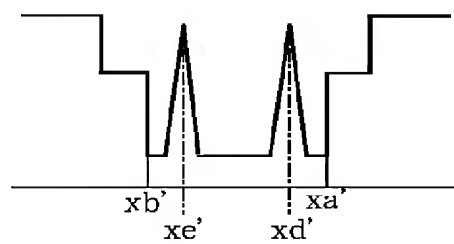
【図17】



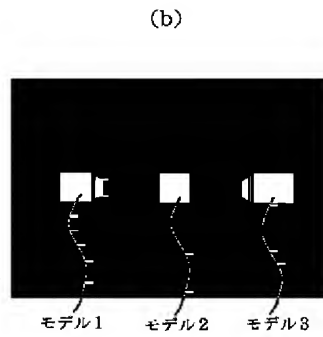
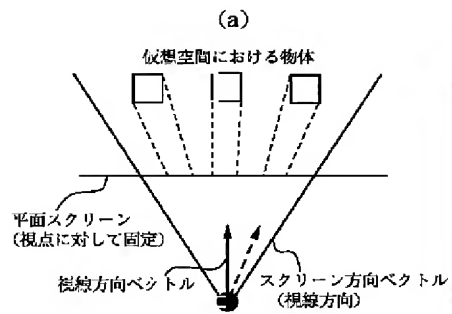
【図24】



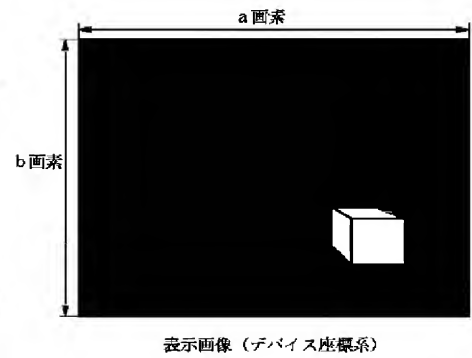
【図25】



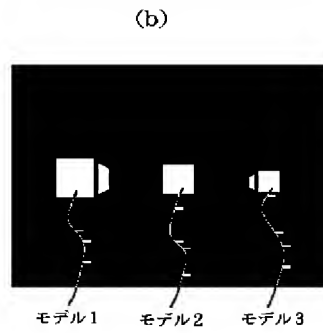
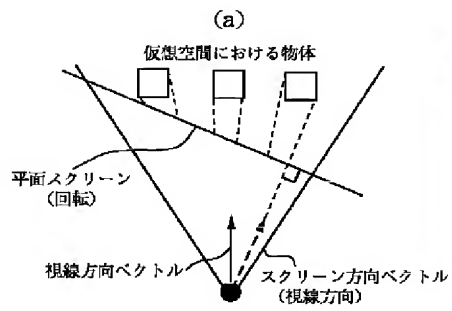
【図 8】



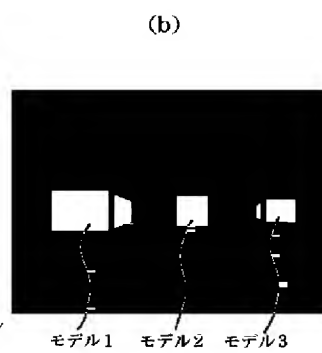
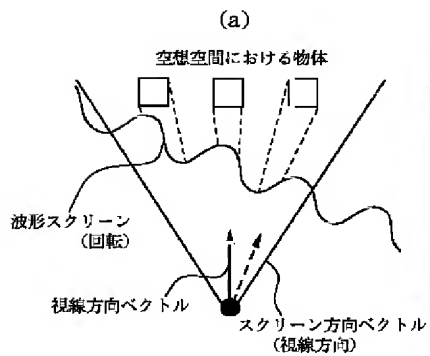
【図 21】



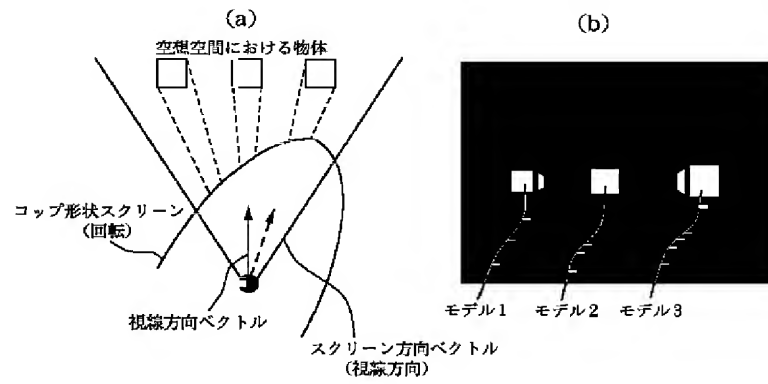
【図 9】



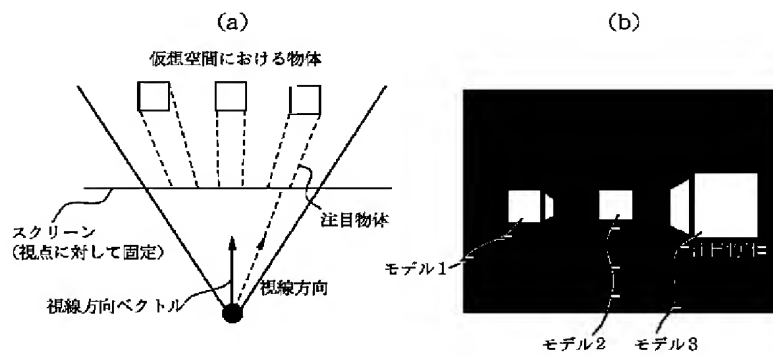
【図 10】



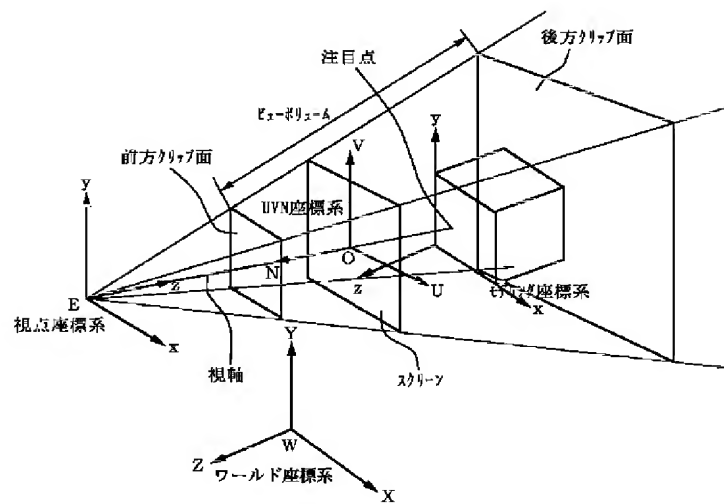
【図11】



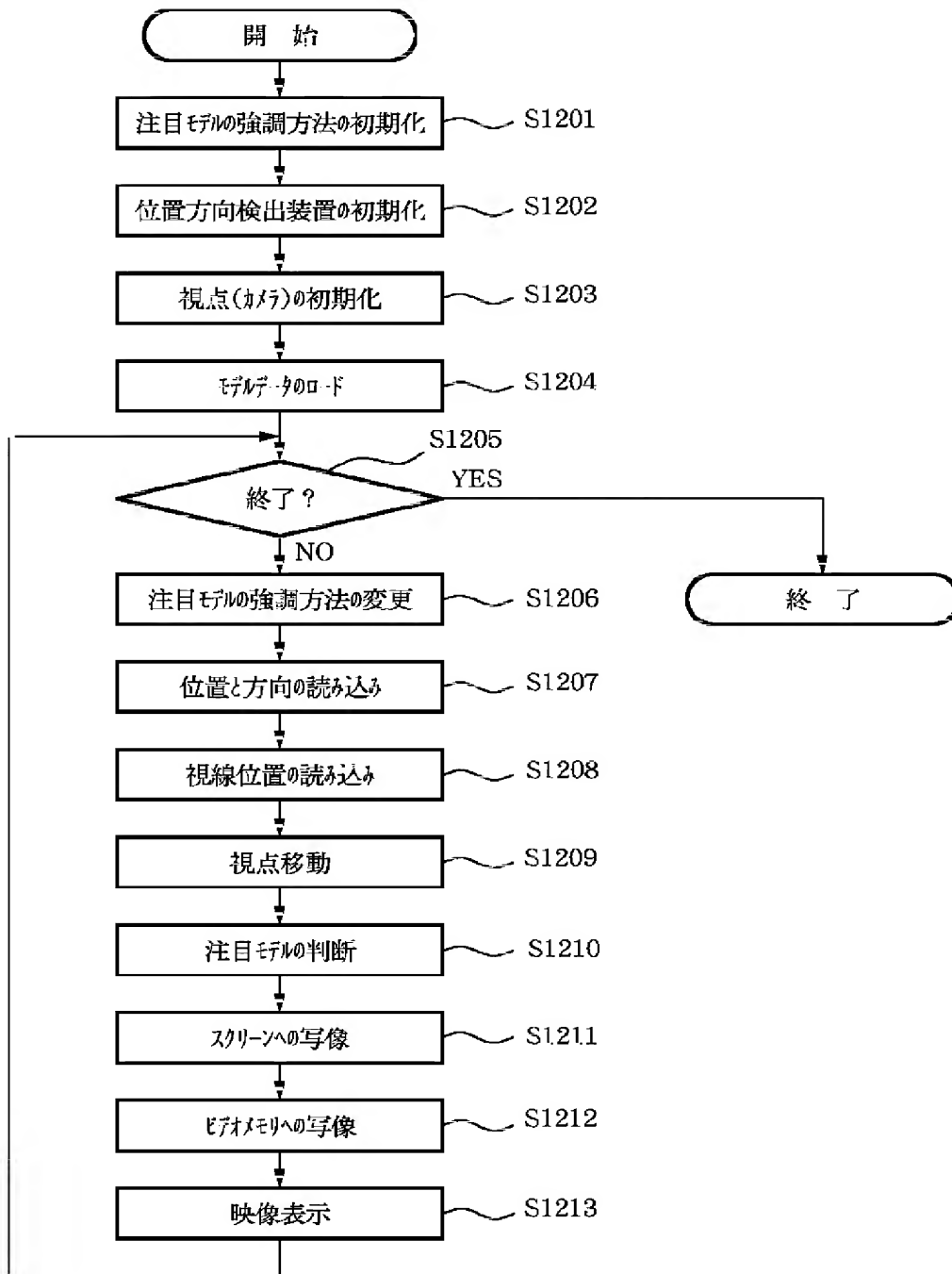
【図14】



【図19】



【図 1 2】



【図18】

＜座標データ＞（頂点番号は上から順番につける）

```

8          . . . .  すべての頂点数
0. 0      0. 0      0. 0
1. 0      0. 0      0. 0  . . . . 各頂点の (x, y, z) 座標
1. 0      1. 0      0. 0
0. 0      1. 0      0. 0
0. 0      0. 0      -1. 0
1. 0      0. 0      -1. 0
1. 0      1. 0      -1. 0
0. 0      1. 0      -1. 0

```

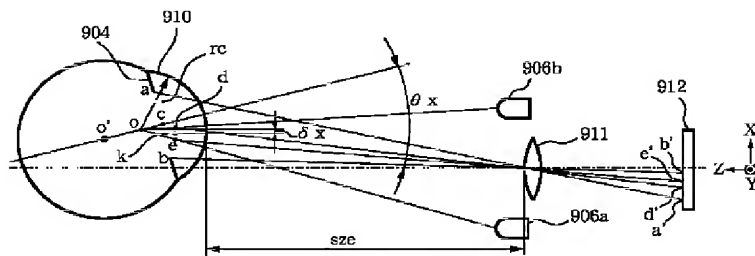
(a)

＜面ループデータ＞

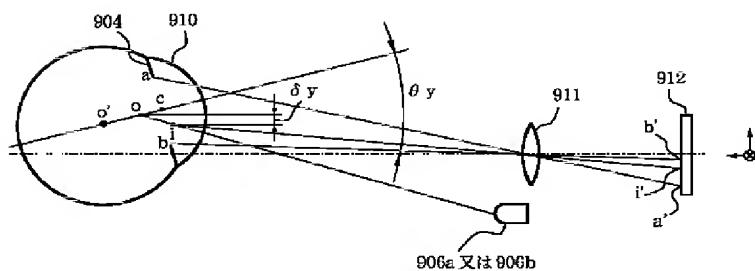
6				...	物体を構成する面の数
4				...	1番目の面ループを構成する頂点数
1	2	3	4	...	1番目の面の頂点番号例
4					
5	6	7	8		
4					
4	3	7	8		.
					.
1	5	8	4		.
4					
1	2	6	5		
4				...	6番目の面ループを構成する頂点数
2	6	7	3	...	6番目の面の頂点番号例

(b)

【图 22】



【图 23】



【图 26】

